

## **SISTEMA DE BAIXO CUSTO PARA O AUXÍLIO NO GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS EM LOCALIDADES SEM ACESSO A INTERNET**

**ALISSON RODOLFO LEITE<sup>1</sup>, PAULO SÉRGIO BARBOSA DOS SANTOS<sup>2</sup>,  
JUCILENE DE MEDEIROS SIQUEIRA<sup>3</sup>, CAMILA PIRES CREMASCO<sup>4</sup>, LUÍS  
ROBERTO ALMEIDA GABRIEL FILHO<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Eng. Eletricista, Prof. Mestre, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, IFSP, Tupã-SP, alisson.rodolfo@ifsp.edu.br

<sup>2</sup> Eng. Mecatrônico, Prof. Assistente Doutor, Depto. de Engenharia de Biosistemas, FCE/UNESP, Tupã-SP.

<sup>3</sup> Eng. Agrônoma, Profa. Doutora, Laboratório Colaborativo para a Inovação Digital na Agricultura, SFCOLAB, Portugal.

<sup>4</sup> Matemática, Prof. Associado, Depto. de Engenharia de Biosistemas, FCE/UNESP, Tupã-SP.

<sup>5</sup> Matemático, Prof. Associado, Depto. de Gestão, Desenvolvimento e Tecnologia, FCE/UNESP, Tupã-SP.

Apresentado no  
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023  
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

**RESUMO:** Desenvolver tecnologias para otimizar os sistemas de irrigação e facilitar o acesso às tecnologias para os produtores mais carentes é necessário, pois implica tanto em uma questão de sustentabilidade para o planeta devido as previsões de demanda mundial com uma população que se aproxima dos 8 bilhões, quanto no aspecto social estando em conformidade com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU). O experimento deste trabalho foi realizado na UNESP campus Tupã e consistiu na instalação de dispositivos interconectados por meio de um enlace LoRaMesh, as quais utiliza um servidor local dotado de tecnologias de IoT para disponibilizar ao usuário informações que sustentam o melhor gerenciamento dos recursos hídricos. Os resultados mostraram que os dispositivos são capazes de recuperar falhas e não necessitam da interferência humana, possuem uma boa qualidade nos dados obtidos quando comprados com sistemas certificados e que possibilitam seu aprimoramento para inclusão de aprendizagem de máquina.

**PALAVRAS-CHAVE:** IoT, LoRa, irrigação

### **LOW COST SYSTEM TO ASSIST IN THE MANAGEMENT OF WATER RESOURCES IN LOCATIONS WITHOUT INTERNET ACCESS**

**ABSTRACT:** Developing technologies to optimize irrigation systems and facilitate access to technologies for the poorest producers is necessary, as it implies both a question of sustainability for the planet due to forecasts of world demand with a population approaching 8 billion, and in the social aspect, complying with the Sustainable Development Goals (SDGs) of the United Nations (UN). The experiment of this work was carried out at UNESP campus Tupã and consisted of the installation of interconnected devices through a LoRaMesh link, which uses a local server equipped with IoT technologies to provide the user with information that supports the best management of water resources. The results showed that the devices are capable of recovering from failures and do not require human interference, have good quality in the data obtained when purchased with certified systems and that allow their improvement to include machine learning.

**KEYWORDS:** IoT, LoRa, irrigation

**INTRODUÇÃO:** O agronegócio brasileiro tem se destacado no âmbito internacional devido suas potencialidades, tendo destaque para : trigo, feijão, arroz, milho, soja, sorgo e algodão, ultrapassando 300 espécies no total, com representatividade nas exportações que excede a 350 tipos de produtos destinados a cerca de 200 mercados, sendo um dos maiores exportadores de soja, café, açúcar, suco de laranja, etanol de cana-de-açúcar, carne bovina e frango (EMBRAPA, 2019; OLIVEIRA; LOPES; SANTOS, 2022). Apesar das mudanças frequentes na produção agrícola ocorridas nas últimas décadas, com a utilização de tecnologias que permitem o aumento da produção, redução de custos e impacto ambiental reduzido, ainda há preocupações em relação ao aumento da demanda global, este aumento é resultado do crescimento da população, que se aproxima dos 8 bilhões de pessoas. (FAO, 2009; FIESP, 2021; GUIMARÃES; LARA; TRINDADE, 2015). Assim as aplicações demandam recursos financeiros e pessoas capacitadas para a determinação de parâmetros de controle em sistemas agrônômicos, principalmente para dimensionar parâmetros como a evapotranspiração e conseqüentemente a recomposição de recursos hídricos para os cultivares em solo. Logo desenvolver tecnologias que facilitam o acesso das mais diversas tecnologias para os produtores mais carentes de recursos ou que vivem em áreas mais isoladas se faz necessário. O objetivo de otimizar os sistemas de irrigação por meio da análise do processo, especialmente para povos carentes de recursos financeiros, está em conformidade direta com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU). (BRASIL, 2003) Este trabalho traz uma alternativa de baixo custo para a coleta e armazenamento de informações em campo.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento se consolidou na UNESP campus Tupã, na cidade de Tupã do Estado de São Paulo com as coordenadas 21°55'39.5"S 50°29'30.6"W, o clima na região é classificado como quente – úmido da zona Tropical Brasil Central (INDE, 2022), onde se constitui na instalação de uma placa microcontrolada dotada de um processado ESP32 de dois núcleos, da fornecedora heltec, conectada com sensores de temperatura e umidade do ambiente, por meio de um sensor DTH22, temperatura do solo em duas profundidades fornecido pelo sensor DS18B20, com proteção de umidade e podendo ser submerso em no meio aquoso e ficar exposto ao meio ambiente. Os dispositivos de campo são interconectados por meio de um enlace LoRaMesh onde se comunicam com uma placa também provida do mesmo componente microcontrolador, com uma programação distinta objetivando uma função de gateway, A programação dos componentes de campo e o dispositivo de gateway, ESP32, foram realizadas utilizando a IDE(Integrated Development Environment) do Arduino versão 2.0. O dispositivo de gateway organiza as mensagens recebidas dos dispositivos de campo e as encaminham utilizando um protocolo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) para um servidor de subscrição localizado localmente em um Raspberry Pi 4 modelo B por meio de um roteador WiFi responsável por fornecer endereços de IPs fixos para os principais componentes do experimento e disponibilizar uma rede WiFi local. O servidor de subscrição (Broker) escolhido foi o Eclipse Mosquitto instalado sobre um Docker, com o gerenciamento portainer. Com a aplicação NodeRed, um dos containers instalados, faz a verificação das publicações feitas pelos dispositivos de campo, o tratamento e a devida gravação no banco de dados, as aplicações em python e Grafana disponibilizam as informações necessárias para usuário ter um melhor gerenciamento dos recursos hídricos que devem ser utilizados no dia. A estruturação esquemática da aplicação é demonstrada na Figura 1. Assim foram executados testes em bancada e em campo, os dados meteorológicos obtidos foram confrontados com os dados da estação da INMET localizada em mesma cidade de instalação dos dispositivos utilizando software R com a interface de desenvolvimento RScript, os testes de bancada executados forma para validar a recuperação autônoma de todos os componentes do sistema.

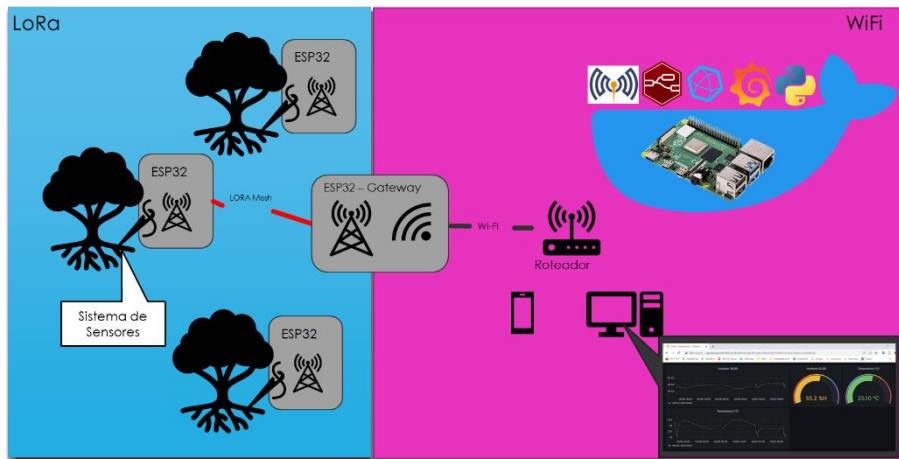


FIGURA 1. Esquematização de funcionamento do protótipo.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os dispositivos foram testados de modo a avaliar a sua recuperação a falhas e não necessitar da interferência humana, assim todos tiveram sua programação condicionada para detecção de falhas de comunicação, leitura e gravação dos dados. Ao analisar os dados de temperatura e umidade relativa, foram classificados em média, máxima e mínima, e as amostras apresentaram homogeneidade ao serem submetidas aos testes de homogeneidade, utilizando o pacote "biotools" e a função "boxM" do R. O teste pareado confrontando o protótipo com o sistema do INMET demonstrou alto índice de correlação. Foi possível observar que a temperatura média, máxima e mínima apresentou uma inclinação positiva e valores com dispersões mais acentuadas no intervalo amostral de 25°C a 30°C, médias entre 30°C e 35°C e baixa para os intervalos de 15°C a 25°C (Figura 2). Por outro lado, a umidade relativa do ar apresentou índices de inclinação positiva, mas com maior dispersão nos intervalos de 40% a 60%. A tela de interface de usuário pode ser acessada via navegador de internet quando este se encontra na mesma rede que o dispositivo ou na própria tela do Raspberry, uma vez dotado de um display. A quantidade de dispositivos fica estimada em endereçamento de um byte, sendo então um total de 250, pois temos identificadores de broadcast e gerenciamento da rede.

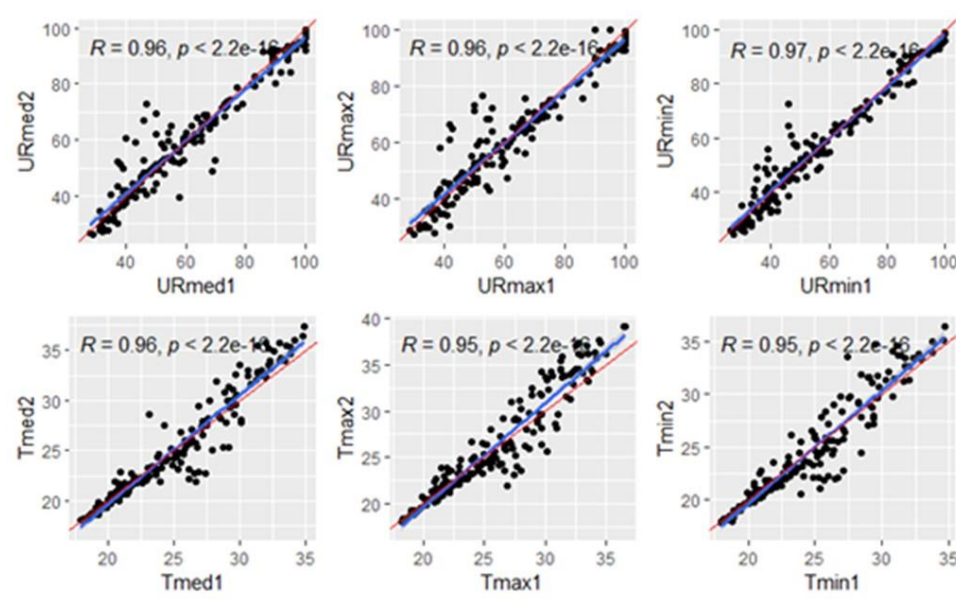


FIGURA 2. Gráfico de dispersão, 1-INMET 2-Protótipo.

**CONCLUSÕES:** O protótipo fora desenvolvido com sistema direcionado a comunicação com microprocessadores, tanto em sistema de sensores como o sistema de gateway se demonstraram estáveis e bom desempenho na recuperação de falhas de conectividade, tornando assim o sistema robusto, embora haja uma perda os dados na ocorrência de falha de comunicação no roteador que se conecta ao ESP32 com função de gateway dado sua limitação de memória, considera-se solucionável o problema com a adição de um cartão de memória e ajustes no gerenciamento da gravação no banco de dados pelo sistema do gateway. O sistema revelou-se viável e de baixo custo para aquisição de seus componentes, tendo um custo médio é de 250 reais, que envolvem a aquisição da placa, sensores e o sistema de energia solar. A limitação do projeto ficou em relação as baterias com tão somente 24h de autonomia. O custo de 165 reais, placa e bateria, assim os sistemas podem ter seus custos reduzidos caso adquiridos em sites de importação, embora estes apresentem tempo de entrega mais elevados conseguem fornecer preço de até 60% menores. O componente de armazenamento das aplicações e de dados (Raspberry) embora, tenha um custo médio de 1100 reais, se demonstrou mais viável que a instalação de um computador desktop ou notebook dedicado para a aplicação, devido sua característica de robustez e recuperação a falhas. Além da parte de aquisição e robustez o sistema se demonstra promissor para estimar a evapotranspiração de culturas vegetativas no solo o qual será estudado em mais detalhes em estudos posteriores com a replicação do protótipo e a formação de estruturas com sistemas de aprendizagem de máquina.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por todo apoio financeiro disponibilizado para a conceção de bolsas e materiais do projeto universal processo 434987/2018-2

#### **REFERÊNCIAS:**

BRASIL. **Pacto Global**. Disponível em: <<https://www.pactoglobal.org.br/ods>>. Acesso em: 6 set. 2022.

EMBRAPA. **Agricultura movida a Ciência**. [s.l: s.n.]. v. 39

FAO (ED.). **The state of food and agriculture 2009**. Rome: FAO, 2009.

FIESP. **Agronegócio do Amendoim no Brasil: produção, transformação e oportunidades**. São Paulo: FIESP, 2021.

GUIMARÃES, M. R. N.; LARA, F. F. D.; TRINDADE, R. O. P. A Relação Entre a Estratégia De Produção E a Prática Da Inovação Tecnológica: Um Estudo Em Uma Empresa Produtora De Alumínio. **RAM. Revista de Administração Mackenzie**, v. 16, n. 3, p. 109–135, 2015.

INDE. **Build: 2.0.0.31502 - Visualizador da INDE - Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais**, 2022.

OLIVEIRA, L. K. DA S.; LOPES, R. S.; SANTOS, W. J. C. DOS. Relevância do agronegócio na economia brasileira. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 16, p. e443111638493, 14 dez. 2022.